

Jaroslav SOLAŘ¹

**PROBLEMATIKA POVRCHOVÉ KONDENZACE VODNÍ PÁRY
U DŘEVĚNÝCH KROVŮ BEZ TEPELNÉ IZOLACE**

**THE QUESTION OF EXTERNAL CONDENSATION OF WATER VAPOUR ON WOODEN
ROOF TIMBERS WITHOUT HEAT INSULATION**

Abstrakt

Príspevok pojednáva o príčinách a možnostiach riešenia povrchovej kondenzácie vodnej pary na drevených prvcích u krovů bez tepelnej izolácie. Jedná sa o kondenzáciu vodnej pary na vnútornom povrchu dreveného bednenia (event. ďalších drevených prvků v ploše strechy) a o kondenzáciu vodnej pary na drevených prvcích situovaných v rizikových miestach (např. v miestach uloženia krokví na pozednici). V rámci príspevku je pojednané tiež o možnostiach riešenia uvedených problémů s povrchovou kondenzáciou vodnej pary. A to jak u stávajících staveb, tak také v rámci projekčního řešení novostaveb se šikmými a strmými střechami.

Klíčová slova

Šikmé střechy, krovy, povrchová kondenzace vodní páry

Abstract

The entry treats of causes and possible solutions of surface condensation of water vapor on wooden elements of roof timbers without heat insulation. That means the condensation of water vapor on inside surface of crating (or another wooden elements in the tract of a roof) and the condensation of the vapor on wooden elements located in risk areas (for example on the place where spars are placed on the inferior rafter).

The input contents also possible solutions of foregoing problems by existing buildings as well as by planning projects for buildings under construction, both with pitched and steep roofs.

Keywords

Pitched roof, roof timbers, external condensation of water vapor

1 ÚVOD

Pokud je dřevěný krov situován nad nevytápěným půdním prostorem a není tedy nijak tepelně izolován, což je v praxi zcela běžné, pak může v určitých případech, zejména pokud není zajištěna dostatečná výměna vzduchu v půdním prostoru, dojít k povrchové kondenzaci vodní páry na vnitřním povrchu dřevěných prvků.

Nedostatečná výměna vzduchu v půdním prostoru má za následek zvýšení relativní vlhkosti vzduchu v půdním prostoru. Ta má následně negativní vliv na hmotnostní vlhkost dřevěných prvků krovu. Důsledkem toho může dojít k výskytu plísní na povrchu dřevěných prvků krovu, případně také

¹ Doc. Ing. Jaroslav Solař, Ph.D., Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 32 1301, e-mail: jaroslav.solar@vsb.cz.

na povrchu zdiva. Pokud hmotnostní vlhkost dřevěných prvků zde situovaných překročí 18 %, pak hrozí riziko jejich napadení Dřevomorkou domácí. V případě hmotnostní vlhkosti 20 % a vyšší také napadení některou z ostatních druhů dřevokazných hub. Ke zvýšení vlhkosti vnitřního vzduchu v půdním prostoru může napomáhat také plechová střešní krytina, která má vysoký difúzní odpor.

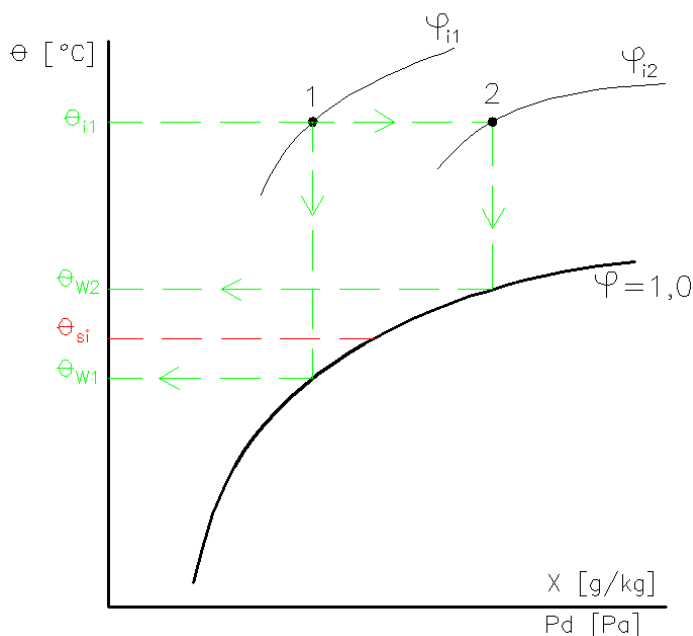
2 PŘÍČINY POVRCHOVÉ KONDENZACE VODNÍ PÁRY

Prvotní příčinou povrchové kondenzace vodní páry je, jak již bylo uvedeno, nedostatečná výměna vnitřního vzduchu v půdním prostoru. Ta pak může mít za následek:

- a) Kondenzaci vodní páry na povrchu dřevěného bednění, případně dalších dřevěných prvků v ploše střechy..
- b) Kondenzaci vodní páry na dřevěných prvcích situovaných v rizikových místech.

2.1 Kondenzace vodní páry na povrchu dřevěného bednění

Nedostatečná výměna vzduchu v půdním prostoru má za následek zvýšení relativní vlhkosti vnitřního vzduchu. Důsledkem je zvýšení teploty rosného bodu vnitřního vzduchu. To bývá zpravidla velmi razantní. A to tak, že teplota rosného bodu se zvýší natolik, že má vyšší hodnotu, než je povrchová teplota dřevěného bednění. Důsledkem jen povrchová kondenzace vodní páry s negativními jevy popsány v kap. 1 (napadení dřevokaznými biologickými škůdci). Princip uvedeného jevu je znázorněn na obr. 1.



Obr.1: Zvýšení relativní vlhkosti vnitřního vzduchu za konstantní teploty, znázornění v Mollierově h-x diagramu



Obr.2: Plíseň na dolním povrchu dřevěného bednění šikmé střechy zapříčiněná nedostatečnou výměnou vzduchu v mezistřeším prostoru

2.2 Kondenzace vodní páry na dřevěných prvcích situovaných v rizikových místech

Místa, kde jsou krokve uloženy na pozednice (viz obr. 3) mohou být také rizikovými místy z hlediska povrchové kondenzace vodní páry s důsledky stejnými, jak je uvedeno v kap. 1.



Obr.3: Místo uložení krokve na pozednici

To proto, že:

1. Výška obvodového půdního zdiva nad úrovní povrchu podlahy na půdě je velmi malá (nebo dokonce nulová). Tehdy zpravidla nedochází k řádnému proudění vzduchu v uvedeném místě. To má za následek zvýšení relativní vlhkosti vnitřního vzduchu v tomto místě. V důsledku toho pak dochází ke zvýšení teploty rosného bodu vnitřního vzduchu nad povrchovou teplotu stavebních konstrukcí. To pak má za následek kondenzaci vodní páry na povrchu zde umístěných dřevěných

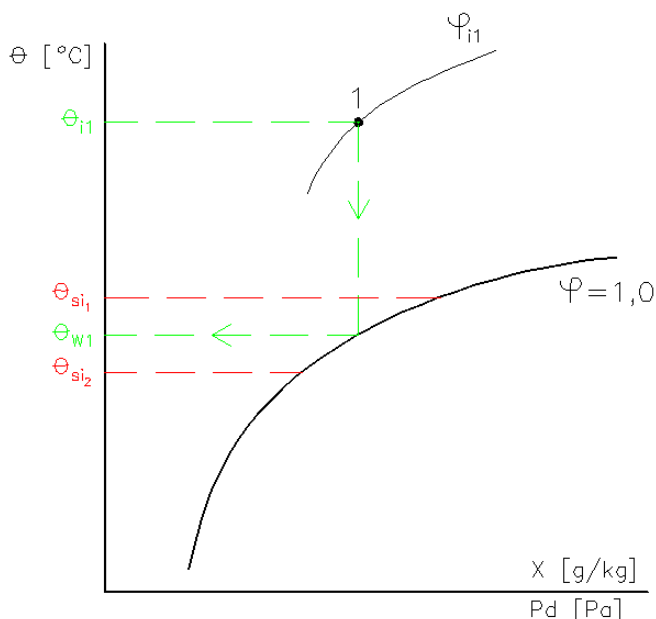
prvků (tedy pozednic a konců krokví) a zdiva. Uvedený jev je principiálně stejný jako v kap. 2. 1 a je znázorněn na obr. 1. V důsledku povrchové kondenzace vodní páry a také následkem sorpce vodní páry ze vzduchu dochází ke zvýšení hmotnostní vlhkosti dřevěných prvků.

2. Výška obvodového půdního zdiva nad úrovní povrchu podlahy na půdě je třeba i dostatečná, ale v místě mezi pozednicí a dolním povrchem střešního pláště dochází k proudění venkovního vzduchu dovnitř.

Zmíněné proudění venkovního vzduchu může sice na jednu stranu působit pozitivně z hlediska výměny vzduchu a tím i snižování jeho vlhkosti v daném místě. Na druhé straně však může působit negativně tím, že dřevěné prvky v daném místě mohou být výrazně ochlazovány. A to tak, že jejich povrchová teplota se sníží natolik, že bude nižší než je teplota rosného bodu odpovídající hodnotám teploty a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu v půdním prostoru. Uvedený jev je znázorněn na obr. 4. Je známou skutečností, že ke vzniku plísní na povrchu dřevěných prvků či zdiva může docházet i při teplotách o málo vyšších než jsou teploty rosného bodu.

Míra ochlazování dřevěných prvků či zdiva v problematickém místě je dána intenzitou proudění venkovního vzduchu ve zmíněném místě a je v závislosti na následujících parametrech:

1. Na teplotě venkovního vzduchu a teplotě vnitřního vzduchu, resp. na jejich rozdílu.
2. Na rychlosti proudění venkovního vzduchu.
3. Na velikosti otvoru v problematickém místě: Tedy na jeho šířce, která je dána světlou vzdáleností mezi krokviemi a výšce, která je dána vzdáleností mezi horním povrchem pozednice a dolním povrchem střešního pláště.
4. Na velikosti součinitele tření v daném místě (charakter povrchu jednotlivých konstrukčních prvků v daném místě).
5. Na velikosti součinitele vřazeného odporu v daném místě. Ten je dán:
 - přesahem krokví,
 - sklonem střešního pláště,
 - velikostí a polohou pozednice.

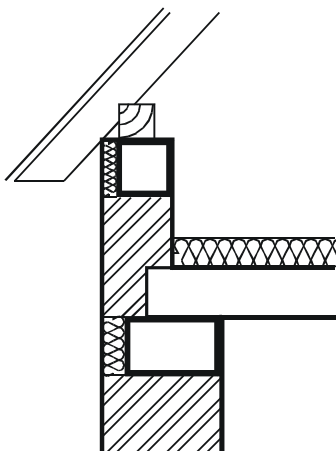


Obr.4: Snížení povrchové teploty dřevěného prvku pod teplotu rosného bodu vnitřního vzduchu, znázornění v Mollierově h-x diagramu

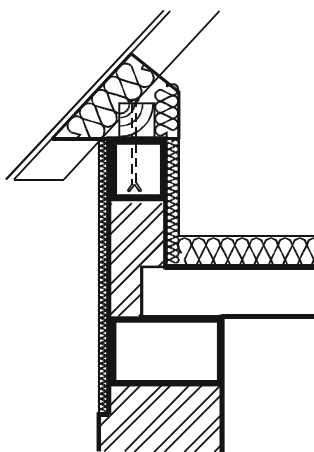
3 ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY POVRCHOVÉ KONDENZACE VODNÍ PÁRY U NOVOSTAVEB SE ŠIKMÝMI ČI STRMÝMI STŘECHAMI

V rámci projekčního návrhu nové střechy je třeba **respektovat následující konstrukční zásady**:

1. **Navrhnout dostatečnou výšku půdních stěn v daném místě** – min. 300 mm. Tedy tak, aby v uvedeném místě bylo zajištěno dostatečné proudění vzduchu..
2. **Řádně vyřešit detail v místě uložení krokve na pozednici.** Jedná se o správné napojení střešního pláště na obvodovou zeď. Řešení tohoto detailu je vhodné provést s tepelnou izolací tak, aby zde nebyl vytvořen tepelný most a aby byla vyloučena kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu obvodových konstrukcí. Příklady chybného a správného řešení jsou znázorněny na obr. 5 a 6.



Obr. 5: Příklad chybného řešení detailu v místě uložení krokve na pozednici



Obr. 6: Příklad správného řešení detailu v místě uložení krokve na pozednici

Správnost návrhu je třeba ověřit řešením dvourozměrného teplotního pole – posouzením teplotního faktoru vnitřního povrchu v daném místě podle ČSN 73 0540-2 [2] – např. pomocí výpočetního programu AREA 2010 [1]. Musí být splněna podmínka:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} [-] \quad (1)$$

kde:

f_{Rsi} [–] – teplotní faktor vnitřního povrchu

$f_{Rsi,N}$ [–] – požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu

3. Zajistit výměnu vzduchu v půdním prostoru tak, aby byl splněn požadavek ČSN 73 0540-2 [2] na hodnotu nejnižší intenzity výměny vzduchu $n_{\min,N} = 0,1 \text{ h}^{-1}$.

4. Zajistit vzduchotěsnost střešního pláště o obvodového půdního zdiva tak, jak je požadováno v č. 7. 1. 3 ČSN 73 0540-2 [2].

4 ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY POVRCHOVÉ KONDENZACE VODNÍ PÁRY U STÁVAJÍCÍCH STŘECH SE ŠIKMÝMI ČI STRMÝMI STŘECHAMI

Výše uvedené zásady platí také v případě **rekonstrukce střechy**, pokud dochází k zásahu do její nosné konstrukce, nebo k její celkové výměně. Zajištění dostatečné výšky půdního zdiva či řešení detailu v místě uložení krokve na pozednici však může být problematické u památkově chráněných objektů.. To proto, že pokud zvětšíme výšku půdních obvodových stěn, zasahujeme tím do architektonického výrazu stavby. To může mít, v závislosti na výšce obvodových stěn, negativní dopad na venkovní vzhled a celkový architektonický výraz příslušné památkově chráněného objektu.

V případě nedostatečné výšky obvodového půdního zdiva nad úrovní povrchu podlahy je třeba, pokud je to možné, vhodným způsobem zajistit řádnou výměnu vzduchu v rizikových místech (například provedením ventilačních otvorů ve štítových stěnách, osazením ventilační turbíny v hřebeni střechy či v problematických místech apod.). Dostatečnou výměnou vzduchu v půdním prostoru lze snížit relativní vlhkost vnitřního vzduchu tak, aby jeho teplota rosného bodu byla vyšší než jsou povrchové teploty dřevěných prvků krovu (viz obr. 1).

Pokud se jedná o nadměrné ochlazování dřevěných prvků v důsledku proudění venkovního vzduchu je třeba v problematickém místě provést vhodnou stavební úpravu (např. vložení tepelné izolace apod.) a zamezit proudění venkovního vzduchu do podstřešního prostoru skrze obvodové konstrukce. Vnitřní povrchové teploty dřevěných prvků krovu je tedy třeba zvýšit tak, aby byly vyšší než je teplota rosného bodu vnitřního vzduchu (viz obr. 2).

Návrh řešení je třeba ověřit řešením dvourozměrného teplotního pole – posouzením teplotního faktoru vnitřního povrchu v daném místě podle ČSN 73 0540-2 [2] – např. pomocí výpočetního programu AREA 2010 [1]. Viz kap. 3.

Návrh opatření pro sanaci nadměrné vlhkosti dřevěných prvků krovu může být proveden pouze na základě řádného průzkumu objektu a zjištění příčiny povrchové kondenzace vodní páry. Teprve pak je možno korektním způsobem navrhnout vhodný sanační zásah.

LITERATURA

[1] SVOBODA, Z.: *AREA 2010*. Výpočtový program pro PC.

[2] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky (2007).

Oponentní posudek vypracoval:

Ing. Michael Balík, CSc. Odvlhčování staveb Praha.